

KOŁO ZAKŁADOWE STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Na prawach rękopisu

REFERATY PROBLEMOWE

Zeszyt 58

- Zdzisław Kuśmirek

SYMETRIA DOZIEMNA WEJŚĆ ODBIÓRNIKÓW SYGNAŁÓW -
- DEFINICJE MIAR ZALECANYCH PRZEZ CCITT

Warszawa - październik 1982

INSTITUT ŁACZNOŚCI
BIBLIOTEKA NAUKOWA
Nr 5-9174

Zespół Redakcyjny

dr inż. Stanisław Sońta, mgr inż. Andrzej Stągrowski

~~mgr inż. Krystyna Frączek~~

Opracował:

inż. Zdzisław Kuśmirek

Centralna Izba Pomiarów Telekomunikacyjnych /Z-12/

Instytut Łączności

04-894 Warszawa, ul. Szachowa 1, tel. 128-383

Praca nr 1.1.06.B.01.01.

Opiniował: prof. dr inż. Jerzy Dudziewicz

Maszynopis dostarczono dnia 3 listopada 1982 r.

W referacie podano definicje i metody pomiarowe związane z symetrią doziemną teletransmisyjnej aparatury pomiarowej zgodne z Zaleceniem 0.121 z Zielonej Księgi CCITT /powtórzonym w kolejnych księgach Pomarańczowej i Żółtej/. Dokonano analizy szczegółowej jednej miary symetrii - tłumienności asymetrii doziemnej wejść odbiorników sygnałów podając relację między "starą" i "nową" /zalecaną/miara symetrii oraz wyniki pomiarów sprawdzających wyprowadzone wzory.

Redaktor: mgr K. Juszkievicz

Montaż tekstu: B. Orabik

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 26.XI.1982 r.

Nakład 40 egz.

Zdzisław Kuśmirek

SYMETRIA DOZIEMNA WEJŚĆ ODBIORNIKÓW SYGNAŁÓW -
- DEFINICJE MIAR ZALECANYCH PRZEZ CCITT

S P I S T R E Ś C I

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Zależność między nową i starą miarą symetrii	1
3. Wyniki badań	7
Wykaz literatury	14

SYMETRIA DOZIEMNA WEJŚĆ ODBIORNIKÓW SYGNAŁÓW - - DEFINICJE MIAR ZALECANYCH PRZEZ CCITT

1. Wprowadzenie

Definicje i metody pomiarowe dotyczące symetrii doziemnej teletransmisyjnej aparatury pomiarowej podano w Zaleceniu 0.121 [1] które zostało powtórzone w [2,3] /por. tablica 1/. Natomiast wartości liczbowe dotyczące symetrii wejść odbiorników sygnałów zalecane przez CCITT przedstawione w tablicy 2.

Zagadnienia te są nadal dyskutowane w XVI Komisji Studiów CCITT. Z uwagi na złożoność zagadnienia w niniejszym referacie ograniczono się do analizy jednej miary symetrii, ściślej do jednej jej logarytmicznej postaci - tłumienności asymetrii doziemnej wejść odbiorników-sygnałów. Podano tu zależność między starą i nową miarą asymetrii oraz wyniki badań sprawdzających przyjęte założenia.

2. ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY NOWĄ I STARĄ MIARĄ SYMETRII

Układ wejściowy badanego wejścia odbiornika sygnałów /np. miernika poziomu/ można przedstawić w postaci trójkąta impedancji Z_1 , Z_2 , R /por. rys. 1/.

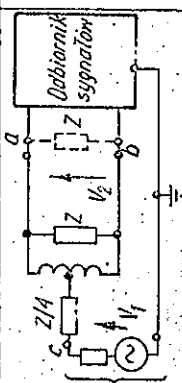
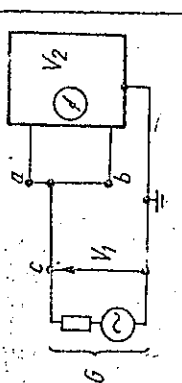
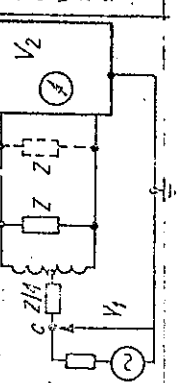
Dotychczas stosowana /stara/ miara symetrii - tłumienność asymetrii

$$A_s = 20 \lg \left| \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 - Z_2} \right| \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

stosowana była wówczas, gdy wejścia odbiorników były najczęściej transformatorowe, a więc gdy Z_1 i Z_2 były wielokrotnie większe od rezystancji R odzwierciedlającej znamionowe obciążenia. Pomiar jej dokonywany był w układzie mostkowym przedstawionym na rys. 2. Wynik pomiaru jest równy z definicji /por. wzór 1/ różnicy poziomów napięć na wejściu p_1 i wyjściu p_2 moshka zmniejszonej o wartość 6 dB $\cong 20 \lg 2$.

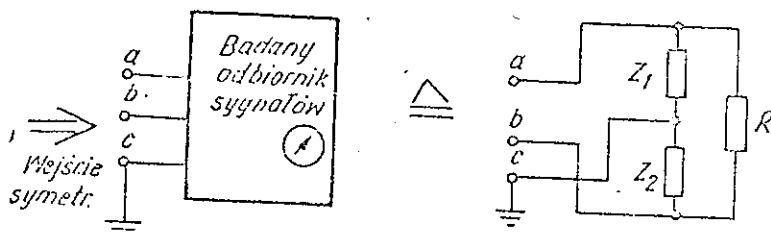
$$A_s = 20 \lg \left| \frac{U_1}{2 U_2} \right| = p_1 - p_2 - 6 \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

Zestawienie nazw wielkości, wzorów, układów pomiarowych i interpretacji fizycznej miar symetrii doziemnej odbiorników sygnałów

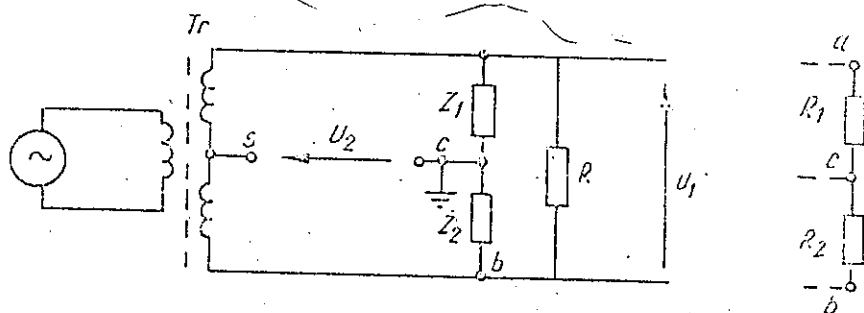
Nazwa wielkości		Wzór obliczeniowy	Układ pomiarowy	Interpretacja fizyczna ocenianych zjawisk
Angielska	Francuska			
impedance balance ratio	rapport d'équilibre d'impédance	tłumienność asymetrii impedancji		Niewrażliwość układu wejściowego na napięcia wzajemnie indukowane w obu przewodach dołączonych do wejścia
		tłumienność asymetrii impedancyjnej		
common mode rejection ratio	rapport d'élimination dans le mode common	tłumienność napięć synfazowych		"przechwyt" skutecznego układu wejściowego
		tłumienność asymetrii transmitancyjnej		
signal balance ratio	rapport d'équilibre des signaux	tłumienność asymetrii sygnałów		Jednoczesne oddziaływanie obu wyżej podanych zjawisk na wejście.
		tłumienność asymetrii skutecznej lub sygnałowej		

Wymagania CCITT /tom IV - Suplement 3.1/ na impedancję wejściową narzędzi do pomiaru poziomu

	Obwody telefoniczne	Obwody radiofoniczne	Grupy pierwotne i wtórne oraz systemy o 12; 60; 120; 300 i 600 kanałach	Grupy trójne, czwórne oraz systemy nosne o 900 i 1200 kanałach
Zakres częstotliwości Impedancja wejściowa: - wejście znormowane - wejście wysokokomowe co najmniej - tłumienność niedopasowania impedancji wejścia znormowanego względem wartości znamionowej - tłumienność asymetrii względem ziemi dla wejść jak wyżej	200 Hz - 4 kHz	30 Hz - 20 kHz	4 - 1400 kHz	60 kHz - 17 MHz
	600 Ω /sym./	600 Ω /sym./	75 Ω /sym./ lub 150 Ω , lub 600 Ω /sym. lub asym./	50 Ω lub 75 Ω /asym./
	$20 \times 10^3 \Omega$ /sym./	$20 \times 10^3 \Omega$ /sym./	nie zaleca się wykonywania pomiarów na wejściu wysokokomowym	
	≥ 30 dB /35 dNp/	30 dB /35 dNp/	≥ 30 dB /35 dNp/	30 dB /35 dNp/
	≥ 40 dB /46 dNp/	≥ 60 dB /70 dNp/	≥ 40 dB /46 dNp/	



Rys. 1. Symetryczne wejście badanego odbiornika sygnałów i jego układ zastępczy



Rys. 2. Układ do pomiaru "starej" miary asymetrii

Wynik pomiaru tłumienności asymetrii /por. wzory /1/ i /2// można wykonywać w inny sposób:

a/ zwierając zaciski a i c lub b i c doprowadza się wskazanie miernika poziomu do wartości $p_2' = 0$ dB,

b/ rozwierając ww. zaciski otrzymuje się wskazanie miernika poziomu p_2'' ,

wówczas tłumienność asymetrii $A_s = -p_2''$ /eliminuje się straty wprowadzoną przez transformator Tr por. rys. 2/.

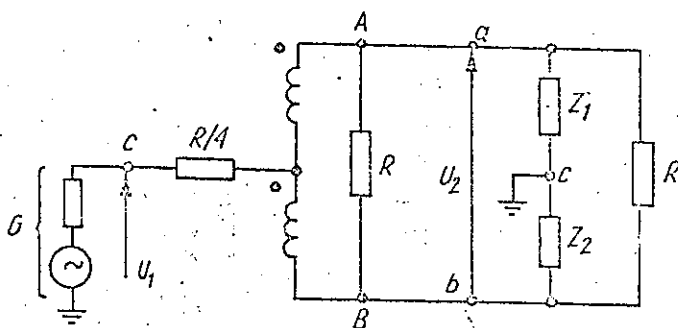
Stosowane obecnie mostkowe układy do pomiaru tłumienności asymetrii są wykonywane w postaci samodzielnych przystawek, np. MINA - 1 /ZOTAP/, ETM - 7 /Elektronika - WRL/ lub też specjalnych wkładek wbudowanych w standardowe mierniki poziomu, np. MU 211 /FMW Leipzig - NRD/.

Nowa miara symetrii, zwana dalej /por. tabl. 1/ symetrią impedancyjną, powinna być mierzona zgodnie z Zaleceniem 0.121 [1,2,3,4] w układzie pomiarowym przedstawionym na rys. 3.

Jej wartość /tłumienność asymetrii impedancyjnej/ oblicza się z następującej zależności:

$$A_i = 20 \lg \left| \frac{U_1}{U_2} \right| \quad [\text{dB}]$$

131



Rys. 3. Układ do pomiaru "nowej" miary asymetrii /wg zaleceń 0.121 CCITT/

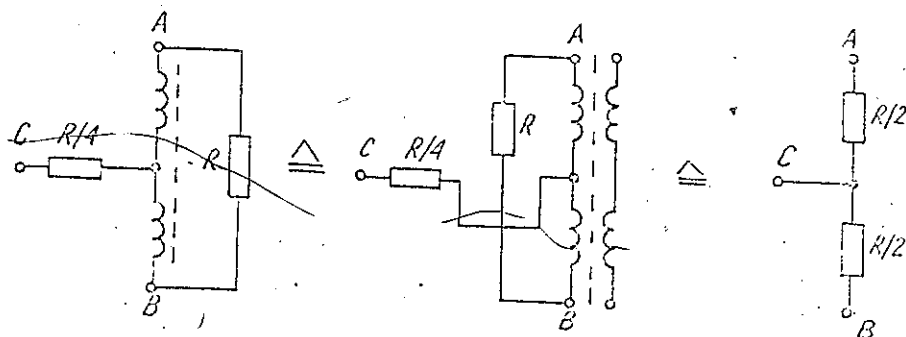
Napięcia U_1 i U_2 powinny być mierzone, podobnie jak w układzie na rys. 2, woltomierzem /miernikiem poziomu napięcia/ o wielkiej impedancji wejściowej $\gg R$ w taki sposób, aby jego dotknięcie nie zmieniało symetrii badanego wejścia. Jest to dość kłopotliwe i dlatego konieczne staje się zastosowanie transformatorowego wzorca symetrii, którego schemat i równoważne układy zastępcze /przy założeniu odpowiednio wielkiej indukcyjności uzwojenia AB przedstawiono na rys. 4.

Przekształcając układ pomiarowy z rys. 3 w równoważny mostek /por. rys. 4 i rys. 5a/ a następnie po zamianie trójkąta impedancji abC $/R, R/2, R/2/$ w gwiazdę otrzymuje się uproszczony układ mostka /por. rys. 5b/.

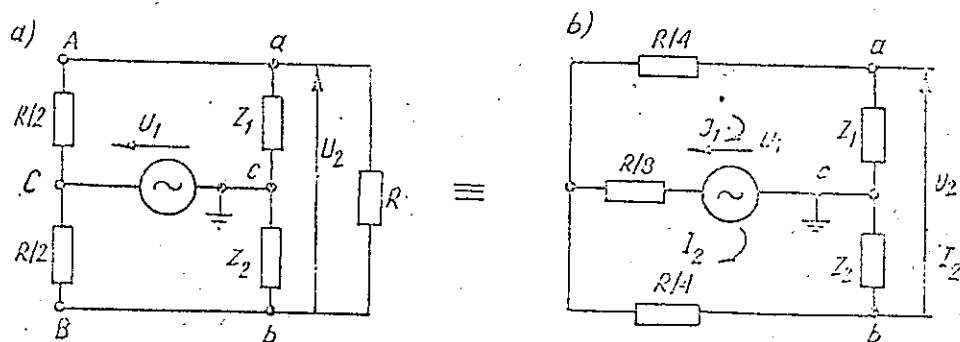
Rozwiązując układ równań /4/ tego mostka

$$\left. \begin{aligned} I_1 \left(\frac{3}{8} + Z_1 \right) + I_2 \left(-\frac{R}{8} \right) &= U_1 \\ I_1 \left(-\frac{R}{8} \right) + I_2 \left(\frac{3}{8} R + Z_2 \right) &= -U_1 \\ I_1 Z_1 + I_2 Z_2 &= U_2 \end{aligned} \right\}$$

/4/



Rys. 4. Transformatorowy wzorec symetrii i jego równoważne układy zastępcze



Rys. 5. Układ do pomiaru asymetrii: a/ równoważny mostek zastępczy, b/ uproszczony układ mostka

otrzymuje się zależność następującą:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R^2 + 3R/Z_1 + Z_2/ + 8Z_1Z_2}{2R/Z_2 - Z_1/}$$

15/

skąd tłumienność asymetrii impedancyjnej wejścia odbiornika sygnałów

$$A_1 = 20 \lg \left| \frac{U_1}{U_2} \right| = 20 \lg \left| \frac{R^2 + 3R/Z_1 + Z_2/ + 8Z_1Z_2}{2R/Z_2 - Z_1/} \right|$$

16/

Przyjmując $Z_1 \approx Z_2 = Z$, oraz oznaczając $\frac{Z_2 - Z_1}{R} = \sigma$ i $(Z/R) = z$ otrzymuje się

$$A_i \approx 20 \lg \left[\frac{|1 + 6z + 8z^2|}{4|z|} \cdot \frac{2|z|}{\sigma} \right] = A_s + 20 \lg \frac{|1 + 6z + 8z^2|}{4|z|} [\text{dB}]$$

Z powyższej relacji wynika zależność między nową A_i i starą A_s miarą symetrii. Różnica między tymi miarami - ściśle między tłumiennościami asymetrii wynosi

$$A_i - A_s = 20 \lg \left| \frac{3}{2} + 2z + \frac{1}{4z} \right| [\text{dB}]$$

Jest ona co najmniej równa 3,5 dB /dla $|z| \approx 0,35$ i $\varphi = \pm 90^\circ$./

W praktyce /por. rys. 6a i 6b/ $z \gg 1$, dlatego też nowa miara tłumienności asymetrii jest większa od starej o kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt decybeli dla tego samego wejścia odbiornika /miernika poziomu/. Maksymalne różnice występują zwykle dla małych częstotliwości.

3. WYNIKI BADAŃ

W celu potwierdzenia podanych wyżej zależności przeprowadzono badania układów pomiarowych /por. rys. 2 i 3/ wykorzystując do ich budowy dostępne transformatory liniowe bądź transformatory symetryzujące - ekranujące jako wzorce symetrii ABC /rys. 4/.

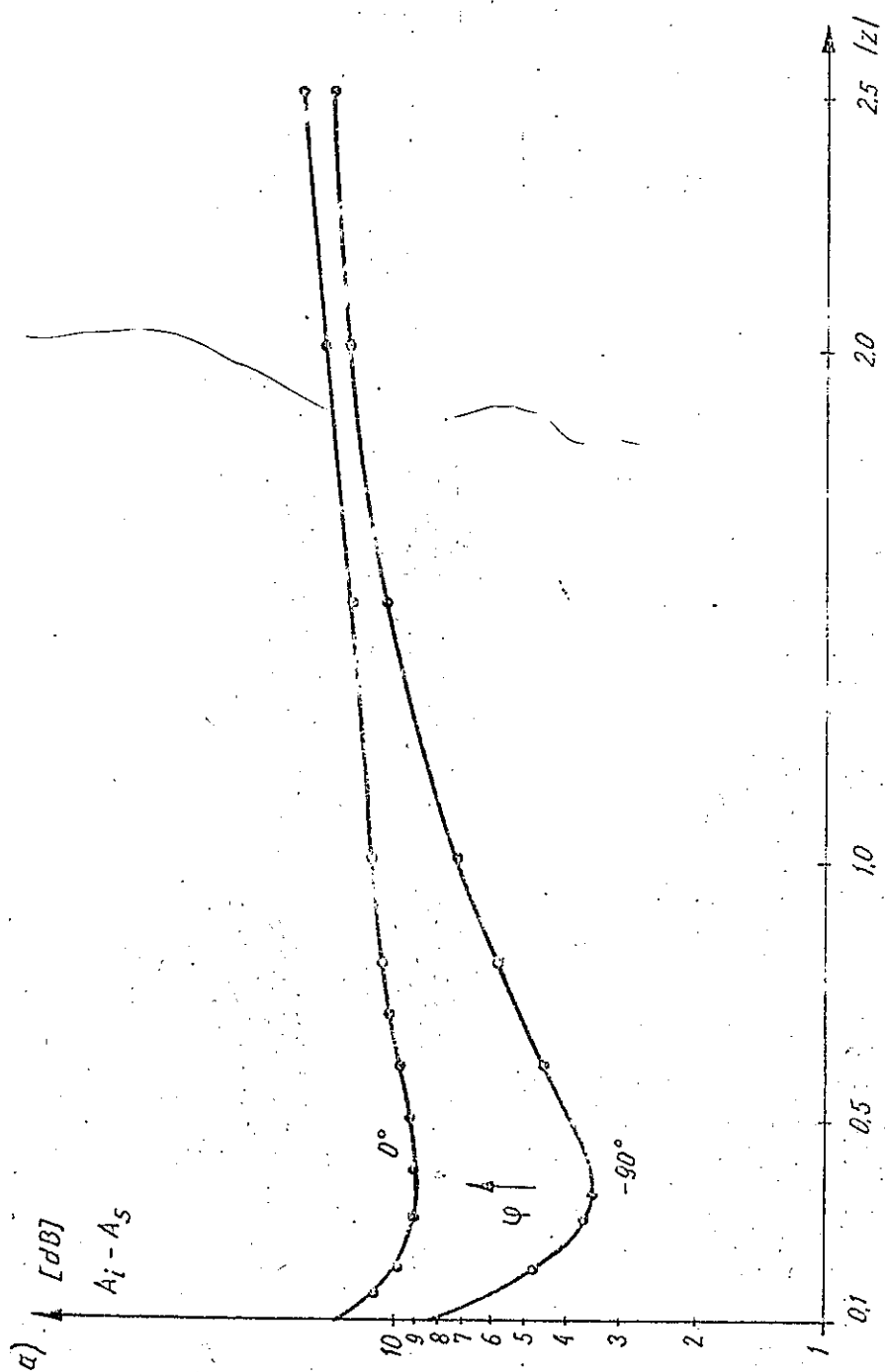
Do badań zastosowano:

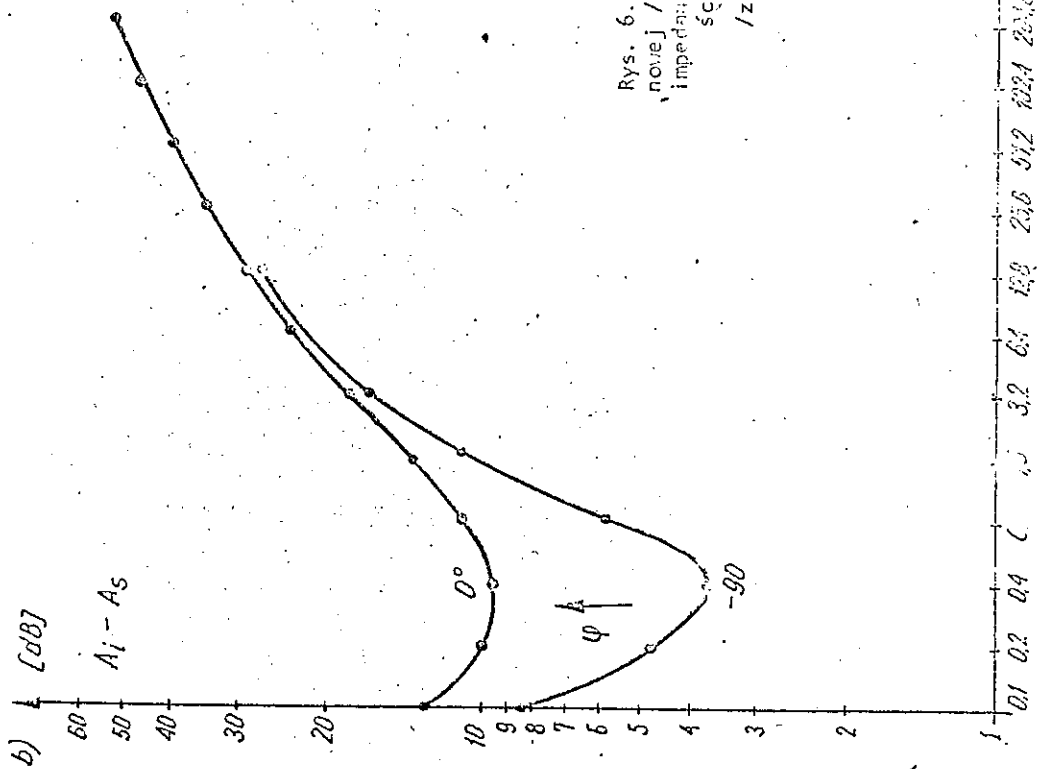
- a/ transformator liniowy typu TO TrL - 531 /PZT/ o przekładni oporowej $135\Omega / 175\Omega$,
- b/ transformator symetryzujący - ekranujący typu ZYE 1005 /Ericsson/ o przekładni oporowej $600\Omega / 60\Omega$.

Symetrię obu transformatorów zmierzono w typowym układzie do pomiaru tłumienności asymetrii transformatora liniowego /por. s. 315 [4]/ z zastosowaniem symetrycznego dławika z zakończenia czwórki kablowej typu B 327 /Siemens/ jako indukcyjnego wzorca symetrii $A_s \gg 100 \text{ dB}$.

Wartość tak zmierzonej tłumienności asymetrii, w zakresie częstotliwości 20 Hz - 20 kHz, wynosiła:

- $\geq 77 \text{ dB}$ dla transformatora PZT,





Rys. 6. Zależność różnicy tłumienności asymetrii nowej A_I i starej A_S / miary od zredukowanej impedancji doziemnej z : a/ zakres małych wartości z , b/ zakres wielkich wartości z
 $|z|$ - moduł z , φ - argument z

- ≥ 79 dB dla transformatora Ericssona.

W związku z tym, że tłumienność asymetrii indukcyjnego wzorca symetrii jest większa o 20 dB od wartości zmierzonej, błąd pomiaru jest mniejszy od ± 1 dB.

Założono więc, że transformatory te mogą służyć jako kontrolne transformatorowe wzorce symetrii przy budowie układów pomiarowych przedstawionych na rys. 2 i 3.

Zastępując badany trójkąt abc /por. rys. 2/ trójkątem oporowym R_1, R_2 można symulować jego asymetrię własną A_w /przez zmianę rezystancji/.

$$A_w = 20 \lg \frac{R_1 + R_2}{|R_1 - R_2|} \quad [\text{dB}] \quad /9/$$

W rzeczywistym układzie pomiarowym rezystory R_1 i R_2 to rezystory dekadowe nastawiane w taki sposób, aby ich rezystancja wypadkowa $/R_1 + R_2/$ była w przybliżeniu równa rezystancji R z błędem mniejszym od $\pm 1\%$ względem znamionowej rezystancji równej:

- 150 Ω dla transformatora liniowego PZT,
- 600 Ω dla transformatora symetryzującego /Ericsson/.

Zastosowanie dekadowych wzorców rezystancji klasy 0,05 i ekranowanych przewodów łączących w badanych układach pomiarowych pozwala na przyjęcie za poprawną wartość tłumienności A_w obliczoną z wartości znamionowych R_1 i R_2 w zakresie częstotliwości akustycznych, z błędem $\leq \pm 0,3$ dB w zakresie $A_w \in 20 \div 50$ dB.

Kryterium oceny przydatności transformatorów z wyprowadzonym środkiem symetrii jako wzorców symetrii jest spełnienie przez nie następującej nierówności:

$$A_s - 1 \leq A_s \leq A_w + 1 \quad [\text{dB}] \quad /10/$$

gdzie:

A_w - obliczona wartość tłumienności asymetrii oporowego trójkąta R_1, R_2 wstawionego do układu pomiarowego wg rys. 2 w gałąź abc /wg wzoru /9//,

A_s - wynik pomiaru asymetrii zgodnie z algorytmem wyznaczonym wzorem /2/.

T a b l i c a 3

Wyniki pomiarów asymetrii pary rezystorów R_1, R_2 w układzie pomiarowym wykonanym wg rys. 2 z transformatorem PZT $/R = 150 \Omega/$

R_1	R_2	A_w	$A_s^{x/}$	$\Delta A = A_s - A_w$
Ω	Ω	dB	dB	dB
75,20	74,90	53,99	51,80/54,73	-2,19/+0,74
75,50	74,60	44,44	43,78/45,00	-0,56/+0,66
75,80	74,40	40,61	40,24/40,99	-0,37/+0,38
76,60	73,70	34,29	34,15/34,51	-0,14/+0,22
77,50	72,80	30,10	30,06/30,28	-0,04/+0,18
79,80	70,30	23,97	24,01/24,13	+0,04/+0,16
83,00	68,00	20,06	20,11/20,17	+0,05/+0,13

T a b l i c a 4

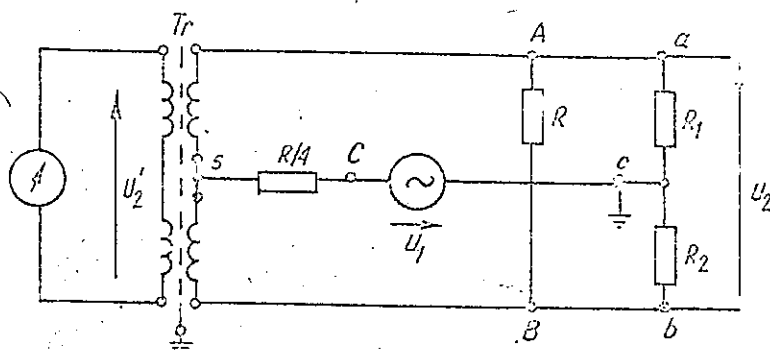
Wyniki pomiarów asymetrii pary rezystorów R_1, R_2 w układzie pomiarowym wg rys. 2 z transformatorem Ericssona $/R = 600 \Omega/$

R_1	R_2	A_w	$A_s^{x/}$	$\Delta A = A_s - A_w$
Ω	Ω	dB	dB	dB
299,8	300,2	63,52	62,90/62,80	-0,62/-0,72
299,3	300,6	53,28	53,29/53,20	-0,08/+0,01
297,9	302,1	43,10	43,11/43,13	+0,01/+0,03
293,0	307,0	32,64	32,69/32,69	+0,05/+0,05
278,0	322,1	22,68	22,73/22,75	+0,05/+0,07
230,0	370,0	12,64	12,67/12,68	+0,03/+0,04

x/A_s - dwa wyniki pomiarów przed i po zamianie miejscami rezystorów R_1 i R_2 .

Wyniki pomiarów zestawiono w tablicach 3 i 4. Potwierdzają one słuszność ww. nierówności i poprawność założeń dotyczących zastosowania transformatorów z wyprowadzonym środkiem symetrii do budowy układów do pomiaru asymetrii.

W celu eksperymentalnego sprawdzenia poprawności relacji między nową i starą miarą asymetrii /por. p.2/ przeprowadzono badania nowego układu pomiarowego /mierzącego nową miarę asymetrii/ przedstawionego na rys.7.



Rys. 7. Układ do badania asymetrii impedancyjnej pary rezystorów R_1, R_2

Zmierzono tłumienność asymetrii impedancyjnej $/A_{im}/$ pary rezystorów R_1, R_2 o wartościach tłumienności asymetrii A_w jak w układzie poprzednim /por. tabl. 3 i 4/. Jako wzorców symetrii użyto uzwojeń wtórnych z wyprowadzonym środkiem: transformatora Ericssona 600Ω oraz transformatora PZT 135Ω . Po stronie uzwojenia pierwotnego 160Ω i 175Ω /dołączono miernik poziomu napięcia U_2' . Zmierzone napięcie U_2' różni się od napięcia U_2 z powodu przekładni transformatorów, różnej od jedności, co należy uwzględnić przy wykonywaniu pomiarów.

Wyniki pomiarów $/A_{im}/$ przy 1 kHz i obliczeń $/A_w/$ wg zależności /7/ tłumienności asymetrii impedancyjnej trójkąta oporowego abc $/R_1, R_2/$ zestawiono w tablicach 5 i 6.

Z badań tych wynika, że błąd pomiaru tłumienności asymetrii /wg nowej miary/ trójkąta oporowego w układzie przedstawionym na rys. 7 dla transformatora Ericssona jest znacznie mniejszy od ± 1 dB i od 3 dB dla transformatora PZT. W związku z powyższym, została potwierdzona relacja między starą i nową miarą asymetrii oraz wyższość transformatorów symetryzująco-ekranujących nad transformatorami liniowymi do budowy układów do pomiarów asymetrii.

Znaczenie relacji /por. wzór /7// jest istotne z uwagi na fakt, że dotychczas wymagana przez CCITT wartość asymetrii wejściowej aparatury

T a b l i c a 5

Wyniki pomiarów asymetrii impedancyjnej pary rezystorów o tłumienności A_w /por. wzór 9/ w układzie pomiarowym wg rys. 7 z transformatorem PZT / $R = 150\Omega$ /

A_w	$A_{io}^{x/}$	$A_{im}^{xx/}$	$\Delta A = A_{io} - A_{im}$
dB	dB	dB	dB
53,99	62,78	61,50/56,46	+1,28/+6,32
44,44	53,23	52,81/50,40	+0,42/+2,83
40,61	49,40	48,20/46,60	+1,20/+2,80
34,29	43,08	42,50/40,7	+1,58/+2,38
30,10	38,89	37,10/36,60	+1,79/+2,29
23,97	32,75	31,30/30,90	+1,45/+1,86
20,06	28,83	27,4/27,4	+1,43/+1,43

T a b l i c a 6

Wyniki pomiarów asymetrii impedancyjnej pary rezystorów o tłumienności A_w /por. wzór 9/ w układzie pomiarowym wg rys. 7 z transformatorem Ericssona / $R = 600\Omega$ /

A_w	$A_{io}^{x/}$	$A_{im}^{xx/}$	$\Delta A = A_{io} - A_{im}$
dB	dB	dB	dB
63,52	80,46	79,48/79,91	+0,98/+0,55
52,64	69,58	69,48/69,49	+0,09/+0,09
43,10	60,04	59,52/59,57	+0,52/+0,47
32,64	49,58	49,11/49,13	+0,47/+0,45
22,68	39,61	39,12/39,12	+0,49/+0,50
12,64	29,42	28,98/28,99	+0,44/+0,43

x/A_{io} - tłumienność asymetrii impedancyjnej obliczona ze wzoru /5/, przyjmując $Z_1 = R_1$, $Z_2 = R_2$; wartości R_1 i R_2 podano w tabl. 3 i 4.

xx/A_{im} - tłumienność asymetrii impedancyjnej zmierzona, dwa wyniki pomiarów przed/po zamianie miejscami rezystorów R_1 i R_2 .

miarowej nie została zmieniona, natomiast zmianie uległa definicja tej asymetrii. Zmiana ta jak gdyby zmierza w kierunku liberalizacji ilościowej dla konstruktorów. Spowodowane jest to prawdopodobnie wprowadzaniem elektronicznych /beztransformatorowych/ symetrycznych obwodów wejściowych. W najnowszej Żółtej Księdze CCITT [3] są podawane już wartości liczbowe dotyczące tak symetrii impedancyjnej, jak i sygnałowej odbiorników sygnałów.

WYKAZ LITERATURY

INSTITUT ŁĄCZNOŚCI
BIBLIOTEKA

S-9144

- [1.] CCITT: Zalecenie 0.121. Definicje i metody pomiarowe stopnia asymetrii względem ziemi teletransmisyjnej aparatury pomiarowej. Tom IV.1. Zielona Księga CCITT, Plac Zgromadzenie Plenarne, Genewa 14-15 grudnia 1972 r. WKiŁ. Warszawa 1977.
- [2.] CCITT: VI Plenary Assembly, Orange Book, vol. IV-1, UIT Geneve 1977.
- [3.] CCITT: VII Plenary Assembly, Yellow Book, vol. IV-4, UIT, Geneva 1981.
- [4.] Dudziewicz J.: Pomiary Teletransmisyjne. WKiŁ, Warszawa 1975.

S-9174